**CAPITULO III**

3. METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

El presente capitulo da una explicación acerca de: la población objetivo (las provincias y haciendas que participan) y cómo fueron los datos levantados por parte del CIBE. Luego se describen los diferentes tipos, tratamientos de enmiendas orgánicas (sólidas y líquidas) y las variables (químicas, físicas y microbiológicas) que intervienen dentro de la investigación. También se menciona la metodología que se utilizó para la evaluación química de cada elemento en los dos tipos de enmiendas orgánicas para la obtención de los datos.

3.1. Antecedentes

El compost en el suelo mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión, beneficia la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Estos tipos de mejoradores edáficos pueden ayudar a restablecer la dinámica biológica del suelo y la perdida de fertilidad (Ruiz, 1996). En dependencia de sus características, las enmiendas son productos que pueden proveer cantidades sustanciales de materia orgánica y nutrientes a los cultivos en los cuales se utilizan.

Los beneficios de estos productos, en la producción agrícola se han evidenciado desde el mejoramiento de las condiciones físicas de suelo, el incremento de la actividad microbiológica, la prevención de la perdida de nutrientes por lixiviado, el incremento de la fertilidad de suelo, hasta el decremento de la contaminación de las aguas freáticas, entre otras. La composición nutricional de estos productos es muy variable ya que dependen de la calidad y variedad de los desechos orgánicos, aspectos de procesamiento; además, de la experiencia desarrollada por los agricultores.

3.2. Población Objetivo

A pesar que los datos fueron levantados por parte del CIBE (Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador), es oportuno dar a conocer como fueron los datos recolectados para tener una idea de cómo se obtuvieron estos.

Para obtener información representativa sobre las enmiendas orgánicas sólidas y liquidas en el Ecuador, se seleccionaron tres de las provincias con las mejores características para la actividad, que se resumen en: reunir mas del 85% de la producción bananera nacional, contar en su geografía con bananeras que producen tanto en sistema orgánico como convencional, y finalmente poseer bananeras que desde hace 10 años aproximadamente preparan y utilizan enmiendas orgánicas en sus plantaciones.

Las muestras de enmiendas orgánicas sólidas y liquidas se tomaron en diferentes haciendas en la provincia del Guayas, El Oro y Los Ríos.

Entre las Haciendas participantes para esta investigación tenemos en la provincia del Guayas: Lastenia, Carmita, Miraflores, Santa Marianita, San Humberto, Allba Elena, Pucará, Buseta, Farina, Locuras, Maria de Lourdes, Cinco Hermanos. En la provincia de El Oro: Celia Maria, Palmar, Pinco, Celia Irlanda, Calichama, Gacela, Cristina Maria. Y en los Ríos: Banasoma.

3.3. Descripción de Variables

**3.3.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas (EOS)**

El compost y el bocashi son un tipo de abono orgánico procesado, donde el compost es el estado mas avanzado en la descomposición de la materia orgánica a relación del bocashi que es simplemente un abono orgánico fermentado.

Para este estudio contamos con 26 indicadores tanto para la enmienda orgánica compost como para la enmienda orgánica bocashi. En cada grupo los indicadores corresponden a análisis: químico, físico y microbiológico que se hicieron a las muestras de abono orgánico que se aplican en los suelos de las haciendas bananeras.

Entre los 26 indicadores de los dos grupos de enmiendas orgánicas tenemos:

* *17 indicadores químicos*: potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), nitrógeno (N), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), silicio (Si), hierro (Fe), carbono (C), materia orgánica (MO), acido húmico, conductibilidad eléctrica (CE), Intercambio catiónico (CIC), PH.
* 3 indicadores físicos: humedad, densidad y tamaño de partícula.
* 6 indicadores Microbiológicos: aerobios T, anaerobios T, hongos y levadura, actinomicetos, respiración microbial, biometría microbial.

Las metodologías utilizadas para cada parámetro se mencionan en la ***Tabla 3.1*** a continuación:

|  |
| --- |
| **Tabla 3.1****Enmienda Orgánica Sólida****Metodología** |
| **Indicadores/Parámetros** | **Métodos** |
| **Físico** |
| Densidad | Relación peso/volumen |
| Humedad | AOAC 17TH 930.15 |
| Tamaño de partícula | Granulometría INEN |
| **Químico** |
| Micronutrientes y Macronutrientes | OLSEN modificado |
| pH | AOAC 17TH 943.02 |
| Conductividad eléctrica | Pasta de saturación |
| Carbono total | Walkey & Black Espectrofotometría VV |
| Materia orgánica | Walkey & Black Ultravioleta visible |
| Nitrógeno total | Micro KJELDHAL |
| Ácidos Húmicos | IHSS method |
| Cap. de Intercambio Catiónico | Acetato de amonio a pH neutro |
| **Microbiológicos** |
| Aerobios totales | BAM 2001 cap. 3 |
| Anaerobios totales | AOAC 17TH 976.30 |
| Bacterias y Hongos Totales  | BAM 2001 cap. 18 |
| Actinomicetos | estandarizada |
| Respiración microbial | estandarizada |
| Biomasa microbial | estandarizada |

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

**3.3.1.1. Parámetros de Control y Afectación del Proceso**

Los factores que afectan el proceso de compostaje, según Climent et al. (1996), están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos orgánicos y/o con sus condiciones de desarrollo de la población microbiana. Esta ultima afecta el proceso porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Röben, 2002).

**Tamaño de las Partículas**

La mayoría de los residuos son de forma irregular y con poca superficie específica por lo cual es importante reducir el tamaño de estos, ya que se incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas, lo cual favorece la actividad microbiana (Röben, 2002). El exceso de partículas pequeñas puede llevar fácilmente a favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para la producción de compost (Bongcam, 2003; Climent et al., 1996; Tchobanoglous et al., 1994).

**Acción de los Metales Pesados**

Según Corbitt (2003), la presencia de metales pesados en el compost puede aumentar su concentración en las cosechas y ser tóxica para los seres humanos. Los elementos de mayor preocupación para la salud de los seres humanos son el cadmio, plomo, arsénico, selenio y mercurio.

**Contenido de Humedad**

Para Henao (1996) el agua es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje. Si su contenido es muy bajo, se detiene la actividad microbiológica del proceso; y si es muy alto se dan condiciones anóxicas porque el agua desplaza al aire de los espacios libres existentes. Soto (2003) menciona que altos niveles de humedad pueden facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, que favorecen la desnitrificación.

**Relación C / N**

Según Labrador (2001), la relación C/N es el factor ambiental más importante en un proceso de compostaje y debe controlarse para asegurar una fermentación correcta siendo este uno de los parámetros que mejor indica la maduración del compost. El proceso de compostaje depende de la acción de los microorganismos que requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y material para nuevas células junto a un suministro de nitrógeno para proteínas celulares (Mouat, 1975). Se considera que si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas (Labrador, 2001).

**Temperatura**

La temperatura esta condicionada por la humedad y la aireación, y varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro el proceso de compostaje se divide en cuatro etapas: mesofilica (< de 40 ºC), termofilica (40 a 60ºC), fase de enfriamiento (< de 40 ºC) y fase de maduración (temperatura ambiente). En la fase termofilica, se alcanzan las temperaturas más altas, las cuales son relevantes para que se dé la “autoesterilizacion” del sustrato, asegurando la eliminación de microorganismos y sustancias no deseadas en el producto final. A temperaturas demasiado elevadas se produce una inhibición de la actividad vital de la mayoría de los microorganismos que inciden en el compostaje, frenándose así la descomposición de la materia orgánica. (Cegarra, 1994; Corbitt, 2003; Gómez et al., 1996).

**pH**

El pH, al igual que la temperatura, varía con el tiempo durante el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos, por lo que se convierte en una medida de vital importancia para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos (Thobanoglous et al., 1994).

**3.3.2. Enmiendas Orgánicas Liquidas (EOL)**

Es una preparación que convierte la materia orgánica sólida en un abono líquido a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos.

Para esta investigación los datos que se tomaron de la enmienda orgánica liquida se los analizó bajo el tratamiento de dos tipos de microorganismos.

Los microorganismos pueden ser locales o eficientes. Se conoce como microorganismos locales a los abonos orgánicos que son preparados por el mismo agricultor y los eficientes son aquellos que encontramos listos para su uso en el mercado.

La actividad de los microorganismos es muy importante para la transformación y la vida de los suelos. Las bacterias y los hongos participan en los ciclos del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y en la incorporación del potasio y el magnesio, entre otros, para su asimilación por los vegetales. Debido a estas razones se ha tomado en cuenta en este estudio la procedencia de estos microorganismos como factor importante a analizar.

Se realizó un análisis: químico, físico y microbiológico de las enmiendas orgánicas liquidas en uno, dos y cuatro meses de preparación del bioproducto. Al finalizar la preparación de los bioproductos y para el análisis de los mismos se separó la parte liquida del bioproducto conocida por los agricultores como biol de la parte sólida que se la conoce como sedimento.

De los índices o parámetros que se analizarán solo se tomara en cuenta el biol ya que es la parte del bioproducto que el agricultor utiliza como abono orgánico.

Para este estudio contamos con 16 indicadores que corresponden a los análisis: químico, físico y microbiológico que se hicieron a las muestras de abono orgánico líquidos que se aplican por vía radicular y foliar en las haciendas bananeras. Estos 16 indicadores son:

* *11 indicadores químicos*: potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), nitrógeno (N), zinc (Zn), cobre (Cu), silicio (Si), conductibilidad eléctrica (CE), salinidad, PH.
* 2 indicadores físicos: temperatura, densidad de solutos totales (TDS).
* 3 indicadores Microbiológicos: Coliformes, Escherichia Coli, Hongos y Levaduras.

Las metodologías utilizadas para cada parámetro se mencionan en ***la Tabla 3.2*** a continuación:

|  |
| --- |
| **Tabla 3.2****Enmienda Orgánica Líquidas****Metodología** |
| **Indicadores/Parámetros** | **Métodos** |
| **Químico** |  |
| Micronutrientes y Macronutrientes | OLSEN modificado |
| pH | AOAC 17TH 943.02 |
| Conductividad eléctrica | Pasta de saturación |
| Carbono total | Walkey & Black Espectrofotometría VV |
| Materia orgánica | Walkey & Black Ultravioleta visible |
| Nitrógeno total | Micro KJELDHAL |
| Ácidos Húmicos | IHSS method |
| Cap. de Intercambio Catiónico | Acetato de amonio a pH neutro |
| **Microbiológicos** |  |
| Aerobios totales | BAM 2001 cap. 3 |
| Anaerobios totales | AOAC 17TH 976.30 |
| Bacterias y Hongos Totales  | BAM 2001 cap. 18 |
| Actinomicetos | estandarizada |
| Respiración microbial | estandarizada |
| Biomasa microbial | estandarizada |

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

La información con que se trabajó los análisis microbiológicos es basada en una tabla de conversión (NCR) que se encuentra en el ***Anexo 14***.